

Erodált barna erdőtalaj termékenységeinek fokozása műtrágyázással

PUSZTAI ANTAL

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A talajpusztulás és talajvédelem irodalma ma már e kérdések igen széles körét foglalja magában. A talajpusztulás jelentőségén, mértékén, területi elterjedtségén, megjelenési formáin túlmenően sok forrásmunka és kiadvány ismerteti a talajvédelem műszaki-, agrotechnikai-, szervezési- és egyéb módszereit. E kérdések összefoglalását külföldön főleg BENNETT és SZOBOLJEV, hazánkban pedig FEKETE, STEFANOVITS, LAMMEL, KISS és DUCK munkáiban találhatjuk meg.

A talajpusztulással foglalkozó kutatók korábban elsősorban az erózió keletkezésével, kialakulásával, az előállott károkkal és az ellenük való védekezés módszereivel foglalkoztak, s csak kisebb figyelemmel a már erodált talajok termékenységeinek fokozásával, ill. helyreállításával. Az eróziós kutatások irodalmában viszonylag kevés pl. az erodált talajok trágyázásával foglalkozó kísérleti beszámoló. A trágyázási kérdésekkel foglalkozó szakemberek viszont azért tartózkodtak az ilyen talajon végzett kísérletektől, mivel ezek termékenysége éppen az erózió következtében kis területen belül is erősen változik, s emiatt speciális vizsgálati módszereket kívánnak meg (SZEVASZT'JANOV [13]).

Az eddigi kutatások azonban így is bizonyos támpontot nyújtanak. Így STEFANOVITS és DUCK [12] abból kiindulva, hogy a talajpusztulás következtében a nitrogén abszolút és viszonylagos mennyisége is csökken talajainkban — arra a következtetésre jut, hogy az erodált területeken az erózió mértéke szerint mind nagyobb szükség van a nitrogén pótlására. Lovászhetényi vizsgálataik szerint a foszfor és kálium mennyisége viszonylag kisebb mértékben csökken. DUCK [5] egy későbbi munkájában már megállapítja, hogy a „foszfor és kálium tápanyagban kimutatható különbség az egyes, erózió által sújtott területeken — nincs”, és ezért „elsősorban a nitrogéntartalmú tápanyagok utánpótlása a döntő”.

BARROWS [2] a közelmúltban adott széles körű áttekintést az erózió által okozott tápanyagveszteségek amerikai irodalmáról. A nagyszámú, különböző talaj-, lejtő-kitétségi viszonyok között végzett vizsgálat eredményeit összefoglalva megállapítja, hogy a vízerózió által lehordott talajjal együtt a következő mértékben csökkent a talaj tápanyagtartalma: szervesanyag, szerves- és ammónium-nitrogén, felvehető foszfor és kicserélhető kálium. E vizsgálatok arra is rámutattak, hogy az elfolyás és a nitrogén-vesztesség nincs egyenes arányban, mivel az elfolyó víz a nitrogénen kívül szervesanyagot is visz magával, s mint tudjuk, ennek is van N-tartalma. Ugyancsak számos szerzőre hivatkozva közli, hogy az elfolyó víz foszfor-koncentrációja jóval nagyobb, mint a talajé. Az elfolyó víz felvehető káliumban is gazdagabb.

AKENT'EVA [1] vizsgálta a talaj humusz- és nitrogéntartalmát, valamint a nitrifikáció intenzitását az erodáltság mértékétől függően. Vizsgálatai szerint az erodáltság mértéke szerint csökken az összes humusztartalom, de viszonylag nő a nehezen hidrolizálható nitrogén formák mennyisége. Egyidejűleg csökken a talaj proteáz és ureáz aktivitása, csökken a nitrifikációs képesség.

TURSKI [16] szerint az erodált talajokban szűkül a humin- és fulvosav aránya és vizsgálatai megerősítik azokat az eredményeket, amelyek szerint az erodált talajok sok nehezen hidrolizálható humin és ulmin anyagot tartalmaznak. Mindez azt jelenti, hogy a vízerózió következtében elsősorban a humuszanyagok vízoldható része csökken, s ezáltal megváltozik az összetétele.

Az erodált talajok PRESZNYAKOVA [11] és LJAHOV [8] vizsgálatai szerint, kevesebb felvehető foszfort tartalmaznak, mint a nem erodált talajok, ami a foszfortrágyázás hatékonyságára utal. Erodált talajokon csökken a kálium oldhatósága is.

Az erodált talajok termékenységének egyes mutatóit elemezve megállapítható, hogy a talajok termékenységének helyreállítását legtöbbször elsősorban a nitrogénvesztés pótlásában látják (STEFANOVITS és DUCK [12], DUCK [5], BARROWS [2], AKENT'EVA [1], LJAHOV [8], PRESZNYAKOVA [11], MOSZOLOV [9], CSEREMISZINOV [3, 4], ZASZLAVSZKIJ [17], SZOBOL'JEV [14], ONCSEV és DZSINKOV [10] és mások. Több szerző a nitrogén mellett a foszfor pótlásától is eredményt vár. A kálium pótlását általában nem említik. A feldolgozott eredményekből az is nyilvánvaló, hogy eltérő talajtípusok és viszonyok között főleg a foszfor vonatkozásában — más és más hatást várhatunk.

Az irodalomban megoszlanak a vélemények az erodált talajok trágyázásának hatékonyságát illetően is. Így LAMB és társai [7] szerint, erodált talajokon a trágyák hatékonysága kisebb. LJAHOV [8] véleménye szerint a helyzet fordított.

A fentiek alapján úgy tűnik, hogy az erodált talajok tápanyagviszonyai-val és trágyázásával kapcsolatosan még sok megoldatlan és vitatott kérdés van. Származik ez abból, hogy a szóban forgó kérdéseket viszonylag kevesen vizsgálták, kevés szabatos szabadföldi és tenyészedény kísérletet végeztek ebben az irányban, de összefügg ez a kérdés meglehetősen komplex voltával is.

Mindezek figyelembevételével kezdtük el vizsgálatainkat, melyeknek első eredményeit most ismertetjük.

Kísérleti rész

Talajvizsgálati eredmények

Vizsgálatainkat szabadföldi felvételezéssel kezdtük, majd talajvizsgálatokat végeztünk és tenyészedény kísérleteket állítottunk be. 1967 nyarán az Északi-középhegységben, Ragály község határában elterülő SW kitérűségű, 18,5%-os domború vonalú lejtőn kijelöltük a mintatereket. A lejtő felső részén mintagödrök segítségével megállapítottuk az erodáltság mértékét. A lejtő középső harmadán kijelöltük a B szintig lepusztult erodált területet. A talaj felső 0–20 cm-es rétegéből vettük a talajvizsgálatokhoz és tenyészedény kísérletekhez szükséges mintákat. A talaj típusa: karbonátmentes agyagon kialakult, tápanyagokban szegény, kötött (A_k 58), kationokban közel telített,

barna erdőtalaj. A felső 0–20 cm-es réteg egyes talajvizsgálati adatait az 1. táblázatban közöljük.

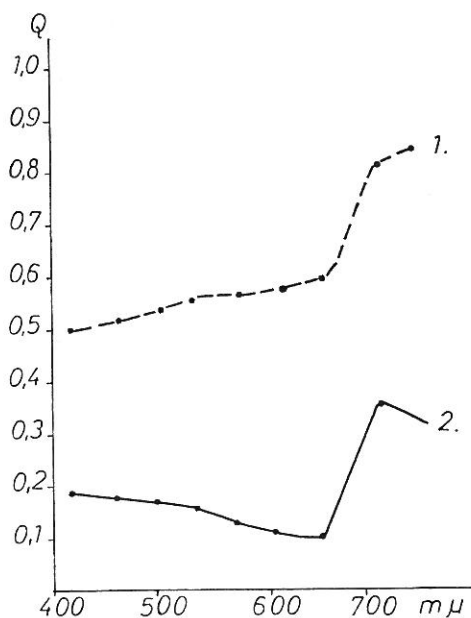
1. táblázat

Erodált és nem erodált barna erdőtalaj néhány jellemzője (0–20 cm)

A talaj (1)	pH		(2) Humusz ‰	(3) N ‰	(4) P ₂ O ₅		(5) K ₂ O	
	H ₂ O	KCl			oldható ‰	összes ‰	oldható ‰	összes ‰
Erodált	7,4	7,1	1,47	0,115	0,0038	0,058	0,012	0,365
Nem erodált	7,4	7,0	2,62	0,172	0,0024	0,122	0,018	0,605

A két talajféleség összehasonlításakor kitűnik az erodált talaj kisebb humusz- és N-tartalmával, kisebb összes (királyvíz oldható) P₂O₅ és K₂O értékeivel, az AL-módszerrel meghatározott oldható foszfor mennyisége valamivel nagyobb, mint a nem erodált változat esetében. Az oldható K₂O-tartalom a nem erodált változaton nagyobb. A két talajféleség bemutatott vizsgálati adatai adott esetben különbségekről tanúskodnak, mind az összes, mind a felvehető P és K mennyiségét illetően. Az egyéb talajvizsgálati adatainkban (pH, kötöttség, kicserélhető kationok, telítettség, mechanikai összetétel) a két változat között nagyobb különbségeket nem találtunk.

Nagy különbséget találtunk azonban a humusz minőségét illetően. HARGITAI [6] módszerével megállapítottuk e két változat humusztabilitási



1. ábra

Erodált és nem erodált barna erdőtalaj humusztabilitási számai. 1. Nem erodált talaj. 2. Erodált talaj

számait és koefficienseit. E két oldószeres humuszvizsgáló eljárás alkalmával NaF-dal, a Ca-mal telített valódi, jó huminsavak mennyiségére, a NaOH-dal pedig a gyengébb minőségű szervesanyagokra vonatkozóan kapunk adatokat.

A vizsgálat eredményét az 1. ábrán közöljük. Ezek szerint az erodált és nem erodált változatok humuszstabilitási számai között igen nagy különbségek adódtak. Az adatok azt mutatják, hogy a kisebb stabilitási számokat adó erodált változat esetében a szervesanyag diszpergáltabb formában van jelen és kisebb molekulájú humin-savakat tartalmaz, míg a nem erodált változatban több a nagyobb molekulájú, kationokkal telített és optikailag sűrűbb szervesanyag.

Tenyészedény kísérletünket 1,5 kg-os tenyészedenyekben, 5 sorozatban, a kétféle talajon (erodált — nem erodált) a trágyázatlan kontrollon kívül $2 \times 4 \times 5$ műtrágyakombinációval, összesen tehát 42 kezeléssel állítottuk be. A különféle hatóanyagokat 4, illetve 5 szinten az alábbi adagokban vizsgáltuk:

	N	Kg/ha hatóanyag	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
0	—	—	—
1	100	100	100
2	200	200	200
3	400	400	400
4	600	600	600

A műtrágyákat oldat formájában, talajsúlyra átszámított mennyiségekben juttattuk a talajba. A N-t NH₄NO₃; a K-t KCl; a P-t CaHPO₄ · 2H₂O alakjában adtuk. Jelzőnövényül tavaszi árpat vetettünk. A termés föld feletti részéből NPK vizsgálatokat végeztünk. A talaj- és növényvizsgálatoknál a Talaj és trágyavizsgáló módszerek [15] szerint jártunk el.

2. táblázat

A tavaszi árpa termelése, nem erodált talajon
(g/edény, 86^o-os szárazanyag)

(1) N-szintek	P ₁ K	P ₂ K ₂	P ₃ K ₃	P ₄ K ₄	(2) SzD _{5%}	(3) Átlag	
						g	%
N ₀	2,76	2,67	2,04	1,60	0,67	2,27	100,0
N ₁	2,90	2,98	3,59	3,22		3,17	140,0
N ₂	2,63	3,88	3,49	2,79		3,20	141,0
N ₃	2,78	3,67	3,79	3,26		3,38	149,0
N ₄	2,88	4,01	3,89	3,26		3,51	155,0
SzD _{5%}		0,67				0,33	14,5
a) Átlag	2,79	3,44	3,36	2,83	0,30	3,11	137,0
%	100,00	123,00	120,00	101,00	10,7	111,0	
b) Trágyázatlan	2,79						

Adataink birtokában kiszámítottuk a különféle tápanyagok hasznosulását is. A termésadatokat a 2. és 3. táblázatban adjuk meg. A 4. és 5. táblázatban pedig a variancianálízisre vonatkozó adatokat közöljük.

3. táblázat

A tavaszi árpa termése, erodált talajon
(g/edény, 86^o-os szárazanyag)

(1) N-szintek	P ₁ K ₁	P ₂ K ₂	P ₁ K ₃	P ₁ K ₄	(2) SzD _{5%}	(2) Átlag	
						g	%
N ₀	3,19	3,38	3,31	3,55		3,36	100,0
N ₁	4,60	3,61	3,81	3,60		3,91	116,0
N ₂	4,0	3,73	4,08	4,20	0,67	4,00	119,0
N ₃	3,72	3,86	4,29	4,12		4,00	119,0
N ₄	3,42	4,13	4,20	3,95		3,93	117,0
SzD _{5%}			0,67			0,33	9,8
a) Átlag	3,79	3,74	3,94	3,88	0,30	3,84	
o/0	100,0	99,0	104,0	102,0	7,9	101,0	
b) Trágyázatlan		2,52					

Termésadataink statisztikai értékelését először talajváltozatonként külön-külön, majd összevont varianciaanalízissel végeztük. Az összevont varianciaanalízisből kitűnt, hogy az erodáltság igen erősen, szignifikánsan befolyásolta a kezeléskülönbségeket. Ezért a két változatra vonatkozó adatokat külön-külön táblázatban közöljük, s az erodált és nem erodált talajon elért kezeléskülönbségeket ezek összehasonlításával szemléltetjük.

Tenyészedény kísérlet viszonyai között a kontroll, trágyázatlan kezelés termése nem erodált talajon 2,79; erodált talajon 2,52 g/edény volt, ami 10%-kal kevesebb. A kísérlet átlagtermése a nem erodált talajon 3,11; az erodált talajon viszont 3,84 g/edény volt, ami +23%-kal nagyobb. Ennek alapján a kontrollhoz viszonyítva, nem erodált talajon a terménövekedés átlagosan 12; erodált talajon 52% volt. A 2. és 3. táblázat adatait összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy azonos körülmények (elsősorban nedvesséviszonyok) esetén az erodált változaton nagyobb terméseket értünk el.

A 2. és 4. táblázat adatai szerint mind a N, mind a PK, mind a két változó kölcsönhatása igen erősen szignifikáns különbségeket mutat. A lineáris és kvadratikus komponensek mellett a regressziótól való eltérésnek megfelelő egyes komponensek is erősen szignifikánsak, ezért másodfokú hatásfüggvény illesztést nem végeztünk.

Tenyészedény-kísérletünkben a nem erodált talajon a legalacsonyabb PK-szinten gyakorlatilag nem volt N-hatás (2. táblázat), a P₂K₂ szinten a N-hatás csak az N₂-től felfelé volt kimutatható. A két nagy PK-szinten a maximális N-hatás már megközelíthető, ill. elérhető volt a legkisebb N-adaggal is. A PK-hatást a N-függvényében vizsgálva megállapítható, hogy az N nélkül erősen depresszív volt. N₁-szinten a harmadik, nagyobb N-szinten már a második adaggal elérhető volt a maximális termés. E maximumhoz képest a P₁K₁-adag már depressziót okozott.

A 3. táblázat adatai szerint az erodált talajon igen erősen szignifikáns N-főhatást figyeltünk meg, ugyanakkor a PK-főhatás nem kimutatható. A PK különböző szintjei között sincs megbízható különbség. A N-hatást elemezve megállapítható, hogy az N₀-szinthez viszonyítva nőtt csak szignifikánsan a termés, a N-adagok főhatásai között már kimutatható különbség nincs.

4. táblázat

Variance táblázat, nem erodált talaj

(1) Variancek	SQ	FG	MQ	F
a) Összes	70,90805	104		
b) Ismétlés	7,5419	4		
c) Kezelés	38,0896	20	1,9045***	6,01
d) Átlagos	0,4704	1	0,4704	1,48
e) Trágya kezelések között	37,6192	19	1,9800***	6,25
N	19,0624	4	4,7656***	15,04
L	10,5019	1	10,5019***	33,14
Q	4,9651	1	4,9651***	15,67
f) Eltérés	3,5954	2	1,7977**	5,67
PK	8,8813	3	2,9604***	9,34
L	0,6319	1	0,6219	1,96
Q	6,0958	1	6,0958***	19,23
f) Eltérés	2,1636	1	2,1636*	6,83
N×PK	9,6755	12	0,8063**	2,54
L×L	0,7986	1	0,7986	2,52
f) Eltérés	8,8769	11	0,8070**	2,51
g) Hiba	25,3490	80	0,3169	

* P = 5%-os szinten

** P = 1%-os szinten

*** P = 0,1%-os szinten

5. táblázat

Variance analízis, erodált talaj

(1) Variancek	SQ	FG	MQ	F
a) Összes	50,8756	104		
b) Ismétlés	8,9613	4		
c) Kezelés	21,3196	20	1,0660***	4,14
d) Átlagos	8,2657	1	8,2657***	32,11
e) Trágya kezelések között	13,0593	19	0,6870**	2,67
N	5,9088	4	1,4772***	5,74
L	1,5095	1	1,5095*	5,86
Q	2,9448	1	2,9448**	11,44
f) Eltérés	1,4545	2	0,7273*	2,82
PK	0,6009	3	0,2003	
L	0,2456	1	0,2456	
Q	0,1534	1	0,1534	
f) Eltérés	0,2019	1	0,2019	
N×PK	6,5442	12	0,5454*	2,12
L×L	0,2802	1	0,2802	1,09
f) Eltérés	6,2640	11	0,5695*	2,21
g) Hiba	20,5947	80	0,2574	

* P = 5%-os szinten

** P = 1%-os szinten

*** P = 0,1%-os szinten

Növényvizsgálatok eredményei

E vizsgálatok adatai szerint a tavaszi árpa föld feletti részének N-tartalma a műtrágya nélküli kezelésekben — erodált talajon — 1,70; nem erodált talajon 1,73% volt. A P_2O_5 mennyisége megfelelően 0,36, illetve 0,42%; a K_2O -tartalom 0,45, illetve 0,46% volt.

Ezekből az adatokból látható, hogy az erodált talajon termesztett növényekben kevesebb nitrogén, foszfor és kálium van. A műtrágyázási kezelések hatására — egyes kivételektől eltekintve — általában nőtt mind a N, mind a P_2O_5 és K_2O mennyisége. Az adatokat kezelésenként részletesen a 6. táblázatban közöljük.

6. táblázat

A termés N, P-O- és K-O-tartalma, %

(1) Kezelés	(2) Erodált talaj			(3) Nem erodált talaj		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Kontroll	1,70	0,36	0,45	1,73	0,42	0,46
$N_1P_1K_1$	1,55	0,41	0,45	1,75	0,56	0,49
$N_2P_1K_1$	1,53	0,40	0,44	1,79	0,62	0,48
$N_3P_1K_1$	1,66	0,40	0,44	1,70	0,53	0,46
$N_4P_1K_1$	1,59	0,40	0,44	1,75	0,54	0,45
$N_1P_2K_2$	1,64	0,44	0,44	1,79	0,63	0,48
$N_2P_2K_2$	1,73	0,52	0,43	1,64	0,48	0,49
$N_3P_2K_2$	1,73	0,48	0,41	1,70	0,54	0,46
$N_4P_2K_2$	1,59	0,42	0,45	1,57	0,46	0,47
$N_1P_3K_3$	1,66	0,48	0,44	1,68	0,55	0,46
$N_2P_3K_3$	1,68	0,52	0,45	1,66	0,56	0,45
$N_3P_3K_3$	1,64	0,49	0,44	1,73	0,55	0,43
$N_4P_3K_3$	1,66	0,56	0,43	1,77	0,56	0,44
$N_1P_4K_4$	1,75	0,58	0,43	1,84	0,62	0,48
$N_2P_4K_4$	1,73	0,53	0,48	1,77	0,65	0,50
$N_3P_4K_4$	1,75	0,54	0,48	1,73	0,62	0,47
$N_4P_4K_4$	1,68	0,56	0,46	1,75	0,65	0,48
P_1K_1	1,66	0,47	0,45	1,95	0,60	0,54
P_2K_2	1,68	0,47	0,48	2,02	0,69	0,57
P_3K_3	1,64	0,54	0,51	2,09	0,72	0,57
P_4K_4	1,73	0,56	0,53	2,15	0,79	0,63

Alapvető célkitűzésünk adott esetben, az azonos mennyiségű műtrágyák hatásának vizsgálata erodált és nem erodált talajon. Ilyen vonatkozásban, adataink szerint a *növény N-jének %-os mennyisége* — egyes esetektől eltekintve — általában a nem erodált talajon volt nagyobb. Ez a különbség NPK trágyázás esetén, esetenként elérte a 0,1—0,26%-ot. N-műtrágya nélkül — a csak PK trágyázás még nagyobb mértékben fokozta az erodált és nem erodált talajon termett növény nitrogéntartalma közti különbségeket. Így a P_3K_3 vagy P_4K_4 kezelés után a nem erodált talajon termett növény 0,42—0,45%-kal több N-t tartalmazott. Erodált talajon a PK-trágyázás növekvő adagja nem, vagy alig növelte a növény N-tartalmát. Nem erodált talajon viszont a P_1K_1 és P_4K_4 kezelések hatása között a különbség 0,2% volt.

Az NPK és PK-trágyázás növekvő adagjai növelték a növények P_2O_5 -tartalmát. E növekedés nem erodált talajon valamivel nagyobb volt mint erodált talajon. Erodált talajon — nemcsak a trágyázatlan, hanem a többi kezelésben is — kisebb P_2O_5 -tartalmat találtunk. E különbségek esetenként elérik a 0,18—0,23 %-ot. A PK-alapon nitrogén nélkül, természetesnek tűnik, hogy minden variáns után nagyobb P_2O_5 -mennyiséget mutattunk ki. Ebből adódik, hogy az NPK — PK kezeléskülönbségek számításakor itt minden esetben negatív N-hatásokat állapítottunk meg. Nem erodált talaj esetében ezek nagyobbak voltak — mint erodált talajon.

7. táblázat

A termeléssel kivont N, P_2O_5 és K_2O mennyisége, mg

(1) Kezelés	(2) Erodált talaj			(3) Nem erodált talaj		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Kontroll	4,28	0,91	1,13	4,83	1,17	1,28
$N_1P_1K_1$	7,13	1,89	2,07	5,08	1,62	1,42
$N_2P_1K_1$	6,12	1,60	1,76	4,71	1,63	1,26
$N_3P_1K_1$	6,17	1,49	1,64	4,73	1,47	1,28
$N_4P_1K_1$	5,44	1,37	1,50	5,04	1,56	1,30
$N_1P_2K_2$	5,92	1,59	1,59	5,33	1,85	1,43
$N_2P_2K_2$	6,45	1,94	1,60	6,36	1,86	1,86
$N_3P_2K_2$	6,68	1,85	1,58	6,24	1,98	1,69
$N_4P_2K_2$	6,57	1,73	1,86	6,30	1,84	1,88
$N_1P_3K_3$	6,32	1,83	1,68	6,03	1,97	1,65
$N_2P_3K_3$	6,85	2,12	1,84	5,79	1,95	1,57
$N_3P_3K_3$	7,04	2,10	1,89	6,56	2,08	1,63
$N_4P_3K_3$	6,97	2,35	1,81	6,89	2,18	1,71
$N_1P_4K_4$	6,30	2,09	1,55	5,92	2,00	1,55
$N_2P_4K_4$	7,27	2,23	2,02	4,94	1,81	1,40
$N_3P_4K_4$	7,21	2,22	1,98	5,64	2,02	1,53
$N_4P_4K_4$	6,64	2,21	1,82	5,71	2,12	1,56
P_1K_1	5,30	1,50	1,44	5,38	1,66	1,49
P_2K_2	5,68	1,59	1,62	5,39	1,84	1,52
P_3K_3	5,43	1,79	1,69	4,26	1,47	1,16
P_4K_4	4,16	1,99	1,88	3,44	1,26	1,01

A növények K_2O -tartalmát illetően már lényeges különbségeket alig találunk akkor, ha az NPK kezelések eredményeit vizsgáltuk. Ezek az adatok sem a kontrollhoz viszonyítva, sem az NPK különféle kombinációit tekintve nem mutatnak lényeges és következetesnek látszó különbségeket. Következetes különbség csak az erodált és nem erodált talajok összehasonlítása esetében adódik, amikor is a nem erodált talajon termesztett növény minden esetben több K_2O -t tartalmazott. Adott esetben ezt a megállapítást alátámasztja a talaj nagyobb Al -oldható K_2O -tartalma is. A PK-trágyázás növekvő adagjainak hatására — erodált talajon 0,8; nem erodált talajon 0,9 értékkel nőtt a K_2O százaléka. PK trágyázás esetén (N nélkül) az erodált és nem erodált talajon termesztett növény K_2O -tartalma között is nagyobbak voltak a különbségek mint N-nel. Így pl. a P_4K_4 adag esetén a nem erodált talajon termett árpa 1,0 %-kal több K_2O -t tartalmazott.

A 7. táblázatban a tenyészedény talajából kivont N; P_2O_5 és K_2O mennyiségeit közöljük. Ezek az adatok már hűebben tükrözik az erodált és nem

8. táblázat

Az N, P_2O_5 és K_2O hasznosulása, %

(1) Trágyázási szint	(2) N-hasznosulás a PK kezelések átlagában	
	erodált talaj	nem erodált talaj
N_1	194,5	169,4
N_2	101,0	82,6
N_3	51,0	44,1
N_4	26,8	22,8

a) P-hasznosulás a N-kezelések átlagában

P_1K_1	47,8	47,6
P_2K_2	26,9	28,5
P_3K_3	15,9	15,5
P_4K_4	8,3	7,6

b) K-hasznosulás a N-kezelések átlagában

P_1K_1	52,8	48,8
P_2K_2	25,3	26,0
P_3K_3	13,6	12,5
P_4K_4	7,0	5,8

9. táblázat

Nyersfehérjehozam g/edény

(1) PK-trágyázás szintje	(2) Erodált talaj	(3) Nem erodált talaj
	N nélkül	
P_1K_1	33,1	33,6
P_2K_2	35,5	33,7
P_3K_3	33,9	26,5
P_4K_4	38,4	21,5

erodált talaj termékenységét. A terméssel kivont tápanyagok mennyiségében nagyobb különbségeket is megfigyelhetünk a kétféle talajváltozat között. A nem erodált talaj mutatói általában nagyobbak.

A fentiek, valamint a termésadatok ismertetésénél tett megállapítások figyelembevételével könnyebben érthetők tenyészedény-kísérletünkben használt nitrogén-, foszfor- és káliumtrágyák hasznosulásának %-os mutatói. A hasznosulási % megállapításakor a műtrágya formájában adott és az összes föld feletti terméssel kivont tápelemek különbségét vettük alapul. Adatait a 7. táblázatban közöljük.

A 8. táblázatban közölt adatokból látszik, hogy a különféle tápanyagok vonatkozásában általában az erodált változat mutat nagyobb értékeket. Ez nyilvánvaló összefüggést mutat az erodált talaj kisebb tápanyagkészletével. Különösen nagy hasznosulási %-ot állapítottunk meg N esetében, mely nem-

csak a nitrogén termésmenvelő, de a növény kémiai összetételét is megváltoztató hatásából adódik. N_1 és N_2 -szinten ez megközelíti, vagy meg is haladja a 100%-ot. A PK-trágyázás növekvő szintjeinek a termés nyersfehérje-hozamára gyakorolt hatását a 9. táblázat adataival szemléltetjük. Az adatok szerint nagyobb adagú PK trágyázás — nitrogén nélkül — erodált talajon némileg növelte, nem erodált talajon határozottan csökkentette a nyersfehérje hozamot.

Összefoglalás

Kötött, barna erdőtalaj erodált és nem erodált változatán, laboratóriumi módszerekkel vizsgáltuk a talaj tápanyagviszonyait, tenyészvény kísérletben az N-és PK-trágyázás növekvő adagjainak hatását a talajok termékenységeire. Megvizsgáltuk a termés föld feletti részeinek kémiai összetételét és ennek birtokában adatokat kaptunk a különféle tápanyagok hasznosulására vonatkozóan. Vizsgálati eredményeink a következőkben foglalhatók össze:

1. Ugyanazon talajféleség erodált és nem erodált változatai között nemcsak azok humuszmennyiségében van különbség, hanem a humusz minőségében is. E talajok termékenysége, de főleg műtrágyázása vonatkozásában a laboratóriumban meghatározott királyvíz-oldható P_2O_5 - és K_2O -tartalom nem lehet irányadó. E tápanyagok AL-oldható mennyiségei nem felelnek meg azok össz mennyisége arányainak, sőt ellenkező tendenciát is mutathatnak.

2. Tenyészvény-kísérletünkben az azonos mennyiségű műtrágya erodált talajon jobban érvényesül és nagyobb termésmenvekedést eredményez. Kísérletünkben elsősorban a N-trágyázás volt eredményes. Bár erodált talajon ugyanilyen hatóanyagmennyiséggel nagyobb terméseket értünk el, mint ugyan-ezen talajtípus nem erodált változatán, mégis erodált talajon a növények N, P_2O_5 és K_2O -tartalma gyakorlatilag minden vizsgált esetben kisebb volt.

3. Egy tenyészvény-kísérlet vizsgálati eredményeiből még nem vonhatunk le messzemenő következtetéseket, de felhívjuk a figyelmet e téma nagy jelentőségére, kutatásának szükségességére s arra, hogy ezen erősen csökkent termékenységgű talajok termékenységét — más módszerek mellett — trágyázással is fokozhatjuk. Eddigi vizsgálatainkból valószínűnek tűnik, hogy az erodált talajok trágyázásában nemcsak talajtípusonként, táblánként, de esetenként, az erodáltság mértékétől függően foltonként is adódhatnak lényeges különbségek.

Irodalom

- [1] AKENT'EVA, L. I.: Izmenenie zapaszov i dosztupnoszti pocsvennogo azota sz razvitiem erozii pocsv. *Agrohimija* (1) 17—21. 1972.
- [2] BARROWS, H. L. & KILMER, V. J.: Plant nutrient losses from soils by watter erosion. *Adv. in Agronomy*. 15. 303—337. 1963.
- [3] CSEREMISZINOV, G. A.: Bor'ba sz zaszuhoj i eroziej pocsv v leszosztepi. *Lesz i sztep.* 13—19. 1951.
- [4] CSEREMISZINOV, G. A.: Bor'ba sz zaszuhoj i eroziej pocsv (szel'szkohozajsztsvennij opbit Penzenszkoj oblaszti). Moszkva. Szel'hozgiz. 1955.
- [5] DÜCK, T.: Néhány barna erdőtalaj típus erózióval szembeni viselkedése. *Agrokémia és Talajtan*. 15. 263—276. 1966.

- [6] HARGITAI, L.: Összehasonlító szervesanyagvizsgálatok különböző talajtípusokon optikai módszerekkel. Agrártud. Egy. kiadványai. **2.** (10) 1955.
- [7] LAMB, I. IR., CARLETON, E. A. & FREE, G. R.: Effect of management and erosion of soil on fertilizer efficiency. 1950.
- [8] LJAHOV, A. I. & LASKOV, A.: Šezminar po obhmemn opitom bor'bu sz erozijej poesv. Vesztnik Sz/H Nauki. **(11)** 148-153. 1968.
- [9] MOSZOLOV, V. P.: Reljef mesztoszti i voproszu zemledelija. Dokladu VASzHNIL. (8) 4-10. 1948.
- [10] ONCESEV, N. & DZSINKOV, A.: Effekt ot mineralnogo torene i vlijanie na poszledej-szvielo pri szilno erozirana izluzsena kanelena groszka poesva. Poesvovnanie i Agrohimiya. **6.** 87-98. 1970.
- [11] PRESZNYAKOVA, G. A.: Vlijaniye processzov vodnoj erozii... Tr. Poesvennogo Insztituta. AN. SSSR. **40.** Moszkva 1953.
- [12] STEFANOVITS, P. & DUCK, T.: Az erodált területek trágyázásáról. Magyar Mezőgazdaság. **35.** 14-15. 1963.
- [13] SZEVASZT'JANOV, NF.: Oszobennoszti metodiki provedenija polevüh opitov sz udobrenijami na erodirovannüh poesvah szklonov. Agrohimiya. **(4)** 107-117. 1969.
- [14] SZOBOL'JEV, Sz. Sz.: Razvitie erozionnüh processzov na territorii evropejszkoj esaszti SSSR i bor'ba sz nimi. Izd. AN. SSSR. Moszkva. **2.** 1960.
- [15] Talaj- és trágyavizsgálati módszerek. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1962.
- [16] TURSKEI, R.: The influence of erosion on the organic matter compounds in the brown soils and chernozems of the Lublin upland. Soil and Fertilizer **28.** 1133. 1965.
- [17] ZASZLAVSZKIJ, M. N.: Eroziya poesv na parovüh poljah i rezul'tatü opitov. Izv. Mold. filiala. AN. SSSR. **4** (24) 63-65. 1955.

Érkezett: 1972. április 8.

Increase of the Fertility of Eroded Brown Forest Soils by Mineral Fertilizers

A. PUSZTAI

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest (Hungary)

Summary

The researches were started some years ago, in order to examine the nutrient conditions of the eroded and non-eroded heavy textured brown forest soils in a pot-experiment. The effects of the increasing amounts of N-, and PK-fertilizers on the fertility of soils have been examined.

The chemical compositions of the parts of the plants above the ground have been determined and on the basis of the results conclusions could be drawn concerning the efficiency of the different fertilizers.

The results of our investigations can be summarized as follows:

1. Differences have been found not only in the humus content but also in the quality of the humus, between the eroded and non-eroded variants of the same soil type.

For the characterization of the fertility and especially the fertilizer reaction of these soils the total P_2O_5 and K_2O contents, determined in the laboratory, don't give a complete information. The AL-soluble amounts of these nutrients are not corresponding to the total amounts of phosphorus and potassium, they even show opposite tendencies.

2. The same amount of fertilizer is more effective in an eroded soil and gives a greater increase of yield. In our experiment the application of N-fertilizers have proved extremely effective. Although we have achieved higher yields by the same amount of fertilizer in eroded soils than in the non-eroded variants of the same type of soil, still, in these soils the N, P_2O_5 and K_2O -content of the plants was lower in each of the studied cases.

3. On the basis of our experimental results it can be concluded that the reduced fertility of these soils can be increased — apart from other methods — by fertilization. Our studies make it likely that significant differences could be produced as to the fertilization of eroded soils between fields and soil types, even between patches, depending on the degree of erosion.

Table 1. Some characteristics of eroded and non-eroded brown forest soils (0–20 cm). (1) Soil. (2) Humus, %. (3) Total N, %. (4) Soluble and total P_2O_5 , %. (5) Soluble and total K_2O , %.

Table 2. Yield of spring barley, on non-eroded soil. (g/in pot, 86% dry matter). (1) N-levels. a) Average. b) Untreated control. (2) L.S.D. at 5% level. (3) Average, g and %.

Table 3. Yield of spring barley, on eroded soil. (g/in pot, 86% dry matter). (1) N-levels. a) Average. b) Untreated control. (2) L. S. D. at 5% level. (3) Average, g and %.

Table 4. Variance table, noneroded soil. (1) Variants. a) Total. b) Repetition. c) Treatment. d) Average. e) Between treatments with fertilizers. f) Differences. g) Error. *: $P = 5\%$ level. **: $P = 1,0\%$ level. ***: $P = 0,1\%$ level.

Table 5. Variance analysis, eroded soil. (1) Variances for a)–g), see Table 4. *: $P = 5\%$ level. **: $P = 1,0\%$ level. ***: $P = 0,1\%$ level.

Table 6. N, P_2O_5 and K_2O -content of the crop, %. (1) Treatment. (2) Eroded soil. (3) Non-eroded soil.

Table 7. The amount of N, P_2O_5 and K_2O taken up by plants, mg. (1) Treatment. (2) Eroded soil. (3) Non-eroded soil.

Table 8. Efficiency of N, P_2O_5 and K_2O , %. (1) Fertilization level. (2) Efficiency of the N, in the average of the PK-treatments. a) Efficiency of the P in the average N-treatments. b) Efficiency of K in the average of N-treatments.

Table 9. Yield of raw protein, g/pot. (1) Level of PK-fertilization. (2) Eroded soil without N. (3) Non-eroded soil without N.

Fig. 1. Humus stability numbers for eroded and non-eroded brown forest soils. (1) Non-eroded soils. (2) Eroded soil.

Fruchtbarkeitssteigerung bei einem erodierten braunen Waldboden durch Minereraldüngung

A. PUSZTAI

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

Die gesamte Fläche der in verschiedenem Ausmass erodierten Böden in Ungarn beträgt rund 2,3 Millionen ha, dies bedeutet 30% der landwirtschaftlich bebauten Bodenfläche. Deshalb ist jede Forschungsarbeit und Untersuchung, die zur Verhinderung dieses Vorganges, bzw. zur Wiederherstellung der durch die Erosion verringerten Ertragsfähigkeit beiträgt, von besonderer Bedeutung. Zwecks besserer Ermittlung der Erosionsvorgänge wurde von zahlreichen Experten eine mannigfaltige Forschungsarbeit durchgeführt. In diesen wurde aber wenig Gewicht auf die Düngungsprobleme gelegt. Um diese Lücke zu überbrücken fangen wir vor einigen Jahren mit der Untersuchung dieses Problems an.

Die Nährstoffverhältnisse und der Einfluss der gestaffelten N- und PK-Düngergaben im Falle einer erodierten und nicht erodierten Variante eines schweren braunen Waldbodens wurde mit Laboratoriumsmethoden, bzw. in einem Gefäßversuch bestimmt. Die chemische Zusammensetzung der oberirdischen Pflanzenteile diente zur Bestimmung des Ausnutzungsgrades der einzelnen Nährstoffe.

Die Ergebnisse können im folgenden zusammengefasst werden:

1. In den erodierten und nicht erodierten Varianten derselben Bodenart konnte nicht nur in der Menge, sondern auch in der Qualität des Humus ein Unterschied nachgewiesen werden. Bezüglich der Ertragsfähigkeit und hauptsächlich der Düngung dieser Böden kann der im Laboratorium bestimmte gesamte P_2O_5 - und K_2O -Gehalt nicht ausschlaggebend sein. Die AL-löslichen (= Ammoniumlaktat-Essigsäure-) Mengen dieser

Нährstoffe stehen mit den Gesamtgehalten in keinem parallelen Verhältnis, in einigen Fällen sind sogar entgegengesetzte Tendenzen zu beobachten.

2. Gleiche Mineraldüngerdosen wirken auf der erodierten Variante besser, als auf der nicht erodierten und ergeben einen grösseren Ertragszuwachs. In unserem Versuch war die N-Düngung erfolgreich. Obwohl mit denselben Nährstoffmengen auf erodiertem Boden grössere Erträge erzielt wurden, als auf der nicht erodierten Varianten desselben Bodentyps, waren der N-, P_2O_5 - und K_2O -Gehalt der auf erodiertem Boden gewachsenen Pflanzen fast in allen Fällen niedriger.

3. Aus den Versuchsergebnissen können noch keine weitgehenden Schlüsse gezogen werden, wir wollen aber die Aufmerksamkeit auf die grosse Bedeutung dieses Themas, sowie auf die Notwendigkeit der Forschungsarbeit auf diesem Gebiete richten und nicht unbeachtet lassen, dass die Erträge dieser Böden von recht verminderter Fruchtbarkeit neben anderen Methoden auch durch Mineraldüngung gesteigert werden können. Die Düngung der erodierten Böden sollte nicht nur nach dem Bodentyp und für die einzelnen Felder, sondern nach dem Ausmass der Erosion auch für einzelne Bodenflecken vorgenommen werden.

Tab. 1. Kennzahlen des erodierten und nicht erodierten braunen Waldbodens (0-20 cm Schicht). (1) Boden. (2) Humus, %. (3) Gesamt-N-Gehalt, %. (4) Leichtlöslicher und gesamter P_2O_5 -Gehalt, %. (5) Leichtlöslicher und gesamter K_2O -Gehalt, %.

Tab. 2. Ertrag der Sommergerste auf nicht erodiertem Boden. (g/Gefäss, auf 86% Trockensubstanz berechnet.) (1) N-Stufen. a) Mittelwert. b) Ungedüngt. (2) $GV_5\%$. (3) Mittelwert, g und %.

Tab. 3. Ertrag der Sommergerste auf erodiertem Boden. (g/Gefäss, auf 86% Trockensubstanz berechnet.) (1) N-Stufen. a) Mittelwert. b) Ungedüngt. (2) $GV_5\%$. (3) Mittelwert, g und %.

Tab. 4. Varianztabelle für nicht erodierten Boden. (1) Varianzen. a) Gesamt. b) Wiederholung. c) Behandlung. d) Durchschnittlich. e) zwischen den Düngergaben. f) Differenz. g) Fehler. *: $P < 5\%$; **: $P < 1\%$; ***: $P < 0,1\%$.

Tab. 5. Varianztabelle für erodierten Boden. Bezeichnungen s.: Tab. 4.

Tab. 6. N-, P_2O_5 - und K_2O -Gehalt des Ertrages, %. (1) Variante. (2) Erodierter Boden. (3) Nicht erodierter Boden.

Tab. 7. Mit dem Ertrag aus dem Boden entfernte Menge an N, P_2O_5 und K_2O , mg. (1) Variante. (2) Erodierter Boden. (3) Nicht erodierter Boden.

Tab. 8. Ausnutzungsgrad des N, P_2O_5 und K_2O , %. (1) Düngungsstufe. (2) Ausnutzungsgrad des N im Mittelwert der PK-Varianten. a) Ausnutzungsgrad des P im Mittelwert der N-Varianten. b) Ausnutzungsgrad des K im Mittelwert der N-Varianten.

Tab. 9. Rohproteintrag, g/Gefäss. (1) PK-Düngungsstufen. (2) Erodierter Boden ohne N. (3) Nicht erodierter Boden ohne N.

Abb. 1. Humusstabilitätswerte des erodierten und nicht erodierten braunen Waldbodens. 1. Nicht erodierter Boden. 2. Erodierter Boden.

Повышение плодородия эродированной бурой лесной почвы внесением минеральных удобрений

А. ПУСТАИ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Академии Наук Венгрии, Будапешт

Резюме

В Венгрии насчитывается 2,3 млн га почв эродированных в различной степени, что составляет около 30%-ов площади, занятой в сельскохозяйственном производстве. Поэтому и в нашей стране представляют большую важность все те исследования, которые направлены на снижение этих процессов или на восстановление плодородия эродированных почв. Различные специалисты проводили в течение многих лет исследования в различных направлениях, для более глубокого изучения процесса эрозии. Но все же относительно небольшое внимание уделялось вопросам удобрения эродированных почв. Несколько лет тому назад начались исследовательские работы в этом направлении, для устранения этого недостатка.

На связанной бурой лесной эродированной почве и ее не эродированной разновидности лабораторными методами изучали обеспеченность почв питательными веществами, в вегетационных опытах — влияние увеличивающихся доз азотных и фосфорно-калийных удобрений на плодородие этих почв. Изучали химический состав надземной части растений и на основании полученных данных пришли к заключению о усвоении различных питательных элементов. Результаты исследований сводятся к следующему:

1. Между эродированными и неэродированными разновидностями одного и того же типа почвы наблюдаются различия не только в количестве гумуса, но и в его качестве. Плодородие этих почв, а главным образом общее содержание P_2O_5 и K_2O определенное лабораторными методами не могут быть направляющими в отношении внесения минеральных удобрений. Количество этих питательных элементов, растворимых в AL не соответственно соотношению их общего содержания, даже, могут показывать обратную тенденцию.

2. Одинаковые количества минеральных удобрений на эродированной почве лучше усваиваются и приводят к более высокому повышению урожайности. В наших опытах наиболее эффективным было внесение азотных минеральных удобрений. Хотя на эродированных почвах при внесении тех же количеств действующих начал минеральных удобрений были получены более высокие урожаи, чем на неэродированных разновидностях этих же типов почвы, все же содержание в растениях P_2O_5 , K_2O и азота практически во всех случаях было меньше на эродированных почвах.

3. Из полученных данных еще нельзя сделать далеко идущие выводы, но обращаем внимание на огромное значение этой темы, на необходимость подобных исследований и на то, что сильно сниженное плодородие этих почв, наряду с другими методами, можно восстановить и внесением минеральных удобрений. Из результатов проведенных исследований кажется вероятным, что в отношении внесения минеральных удобрений на эродированных почвах могут быть существенные различия не только по отдельным почвенным типам, полям, но в определенных случаях и по отдельным пятнам в зависимости от степени эродированности почвы.

Табл. 1. Некоторые показатели для эродированной и не эродированной бурой лесной почвы (0—20 см). (1) Почва. (2) Гумус в %. (3) Общий азот в %. (4) Растворимый и общий P_2O_5 в %. (5) Растворимый и общий K_2O в %.

Табл. 2. Урожай ярового ячменя на не эродированной почве (г/сосуд, 86%-е сухое вещество). (1) Дозы азота. а) Среднее. б) Без удобрений. (2) НСР₅%. (3) Среднее в г и %.

Табл. 3. Урожай ярового ячменя на эродированной почве (г/сосуд, 86%-е сухое вещество). (1) Дозы азота. а) Среднее. б) Без удобрений. (2) НСР₅%. (3) Среднее в г и %.

Табл. 4. Вариационная таблица, не эродированная почва. (1) Вариац. а) Всего. б) Повторность. с) Вариант. d) Среднее. e) Между вариантами с удобрением. f) Расхождение. g) Ошибка. х: Р = на уровне 5%. хх: = на уровне 1%. ххх: = на уровне 0,1%.

Табл. 5. Вариационный анализ, эродированная почва. (1) Варианты. Обозначения от а) до g) смотри в таблице 4. х: Р = на уровне 5%. хх: Р = на уровне 1%. ххх: Р = на уровне 0,1%.

Табл. 6. Содержание азота, P_2O_5 и K_2O в урожае в %. (1) Вариант. (2) Эродированная почва. (3) Не эродированная почва.

Табл. 7. Количество азота, P_2O_5 и K_2O в мг, вынесенное урожаем. (1) Вариант. (2) Эродированная почва. (3) Не эродированная почва.

Табл. 8. Процентное усвоение азота, P_2O_5 и K_2O . (1) Дозы удобрений. (2) Усвоение азота в среднем из вариантов РК. а) Усвоение фосфора в среднем из вариантов с азотом. б) Усвоение калия в среднем из вариантов с азотом.

Табл. 9. Выход сырого белка в г/сосуд. (1) Дозы РК-минеральных удобрений. (2) Эродированная почва без азота. (3) Не эродированная почва без азота.

Рис. 1. Величины стабильности гумуса в эродированной и не эродированной бурой лесной почве. 1. Не эродированная почва. 2. Эродированная почва.